

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-266640

(43)Date of publication of application : 29.09.2000

(51)Int.Cl. G01M 11/02
G01M 11/00
G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 11-068077

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 15.03.1999

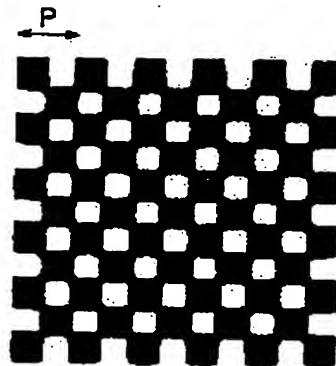
(72)Inventor : NOMURA HIROSHI
SATO KAZUYA

(54) ABERRATION EVALUATION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily evaluate an even-functional aberration of the projection lens of an aligner by applying illumination light to a reticle for evaluating aberration that is arranged on a resist via an illumination optical system, and then evaluating a transfer pattern that is transferred to the resist by a projection optical system corresponding to the reticle for evaluating aberration.

SOLUTION: A reticle for evaluating aberration with a two-dimensional frequency pattern being arranged in a checkered lattice shape for satisfying the conditions of $21/2 \cdot \lambda \{NA \cdot (1-\delta)\} \leq m \cdot P \leq 101/2 \cdot \lambda \{NA(1+\delta)\}$ (λ : wavelength of illumination light, NA: numerical aperture of projection lens, δ : size of coherence factor of illumination optical lens, P: period of reticle for evaluation aberration, m: reduction magnification of reticle for evaluation aberration) is used.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the aberration evaluation method of the projection lens of an aligner that drawing of a projection lens is used for difficult manufacture of a semiconductor device, from an aligner especially with respect to the aberration evaluation method of the projection lens of an aligner.

[0002]

[Description of the Prior Art] When problems, like the configuration of a pattern which produces a focal difference with the sense of a pattern where a focus changes in the exposure field where the location of an imprint pattern is distorted according to the aberration of the projection lens carried in the aligner is distorted manufacture a semiconductor device and go with high integration of a semiconductor device, it has been actualizing gradually.

[0003] For this reason, it is indispensable to high-performance-izing of the aligner towards development of a future semiconductor device, or prediction of whenever [lithography process additional coverage] to develop the technology of evaluating the aberration of a projection lens to high degree of accuracy.

[0004] Generally, the method which used the interferometer is used for aberration measurement of a lens. This builds the main part of a lens into the interior of an interferometer, and measures the amount of aberration from distortion of the obtained interference fringe.

[0005] However, this is the evaluation method which is carrying out the premise for a lens simple substance taking and separating, and when it is difficult to remove a lens from the main part of an aligner, it cannot be carried out.

[0006] Therefore, about the projection lens of the aligner used in order to produce a semiconductor device, it is necessary to measure the aberration in the condition of imprinting. In such a case, the amount of aberration must be evaluated from an imprint pattern.

[0007] Various methods are proposed as a method of measuring current and the projection lens distortion of an aligner, and it is used for actual evaluation. As typical aberration, spherical aberration, astigmatism, comatic aberration, image surface curvature aberration, and distortion aberration are mentioned.

[0008] As the evaluation method of comatic aberration, application JP,1,B [Japanese Patent Application No. 9-305917] is effective. This evaluation method will measure the relative amount of location gaps after the imprint produced between a big pattern and a detailed periodic pattern for comatic aberration, and will follow this amount of location gaps as the guide of the amount of comatic aberration.

[0009] Moreover, the evaluation method shown in reference 1 [SPIE Vol.1463 (1991), p.282] to astigmatism or image surface curvature aberration is effective. By this evaluation method, since astigmatism is the phenomenon in which a best focus location shifts by the difference in the direction of a pattern, the maximum of the focal difference in a 2-way and the direction of astigmatism which intersect perpendicularly the pattern located in a line in the 4 of a direction directions the direction of 0 times, the direction of 45 degrees, the direction of 90 degrees, and 135 degrees from observation of the exposure pattern which shifted the focus gradually are measured. Moreover, it is applied also to measurement of image surface curvature by measuring the focal

center in four directions all over an exposure field.

[0010] On the other hand, if it is going to use these aberration evaluation results for anticipation of the lithography process window by computer count etc., it is necessary to relate an aberration evaluation result with the numeric representation in the definition based on some aberration styles, and to express it.

[0011] As the evaluation method of aberration of having paid one's attention to this trouble, invention-in-this-application persons proposed application JP,2,B [Japanese Patent Application No. 10-37473]. The lighting coherence at the time of exposure and the length of one period of a periodic pattern were chosen, and it is enforcing the above-mentioned aberration evaluation method etc., it became possible to associate simply the specific wave aberration and the specific aberration evaluation result of a location of a lens, and this has realized quantitative measurement of the amount of aberration (the amount of sum total aberration of comatic aberration, spherical aberration, and astigmatism) expressed by the Zernike expansion into series.

[0012] When the evaluation method of the aberration shown in application JP,2,B is used, the odd function-aberration represented by comatic aberration is measured as an amount of strike slips of a pattern, without being dependent on a focal location, and has the advantage that sensitometry is not influenced by the magnitude of a pattern, either.

[0013] However, in order that the even function-aberration represented by astigmatism and spherical aberration may measure a focal location correctly, the difficulty exists in measurement of even function-aberration for the following reasons.

[0014] In carrying out continuation exposure by the micro step and measuring a best focus location with the optical microscope of dark field, changing a focal location gradually, an exposure field becomes large, so that the resolution of a focus is increased. However, the error of the focal location by image surface curvature or wafer surface smoothness becomes large, so that an exposure field spreads.

[0015] Moreover, in reducing the count of exposure and measuring a best focus location from the line breadth measurement by length measurement SEM, in order fitting [a secondary function], in order to raise the accuracy of measurement, it is necessary to increase the number of point of measurement, and the measuring time becomes long.

[0016] On the other hand, amendment of the aberration of a low degree is performed in layout of the projection lens of today's aligner by means to give high order aberration intentionally. If it does not measure to accuracy to high order aberration, it is becoming impossible therefore, to say that it is enough in aberration evaluation of the projection lens of today's aligner.

[0017] In order to evaluate the aberration of a low degree, the wave aberration of the circumference portion of a projection lens must be measured. It passes the periphery of a projection lens, and since image formation of the diffracted light is carried out, the measurement using a detailed pattern is as enough as it as a pattern detailed for that. Here, since it is narrow, when measuring a best focus location from the definition of a pattern, highly precise measurement is possible for the focal tolerance to a detailed pattern.

[0018] On the other hand, in order to evaluate high order aberration, the wave aberration inside a projection lens must be measured. It is necessary to measure aberration in this using a to some extent big pattern.

[0019] However, since focal tolerance spreads rapidly as the size of a pattern becomes large, measurement of the best focus location using a big pattern tends to become incorrectness extremely. This makes difficult evaluation of even function-aberration, such as astigmatism which must measure a focal location correctly, and spherical aberration.

[0020]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although it needed to measure to accuracy to high order aberration in aberration evaluation of the projection lens of today's aligner like ****, since the big pattern which is a pattern with focal large tolerance needed to be used for evaluation of even function-aberration, such as astigmatism and spherical aberration, about even function-aberration, there was a problem that evaluation of high degree of accuracy was difficult.

[0021] This invention was made in consideration of the above-mentioned situation, and the place

made into the purpose is to offer the aberration evaluation method that the even function-aberration of the projection lens of an aligner can be evaluated simple.

[0022]

[Means for Solving the Problem] A main point of [configuration] this invention is to use what has a two-dimensional period pattern which fulfills predetermined conditions as REKUCHIRU for aberration evaluation, and which has been arranged in check grid.

[0023] In order to attain the above-mentioned purpose, namely, an aberration evaluation method concerning this invention (claim 1) By irradiating illumination light through an illumination-light study system at REKUCHIRU for aberration evaluation arranged on a resist, and evaluating an imprint pattern imprinted by said resist according to projection optics corresponding to said REKUCHIRU for aberration evaluation It is the aberration evaluation method of evaluating aberration of a projection lens of said projection optics. Magnitude of a coherence factor of NA and said illumination-light study system for numerical aperture of λ and said projection lens $m\lambda$, [wavelength of said illumination light] When a period of said REKUCHIRU for aberration evaluation is set to m , a contraction scale factor of P and said REKUCHIRU for aberration evaluation as said REKUCHIRU for aberration evaluation It is characterized by using what has a two-dimensional period pattern which fulfills conditions of $2\lambda/2$ and $\lambda/NA(1-m\lambda)\} \leq m-P \leq 10\lambda/2$, and $\lambda/NA(1+m\lambda)\}$, and which has been arranged in check grid.

[0024] According to research of [operation] this invention persons, predetermined conditions as REKUCHIRU for aberration evaluation, Magnitude of a coherence factor of NA and an illumination-light study system for numerical aperture of λ and a projection lens Namely, $m\lambda$, [wavelength of illumination light] When a contraction scale factor of P and REKUCHIRU for aberration evaluation is set to m , a period of REKUCHIRU for aberration evaluation If what has a two-dimensional period pattern which fulfills conditions of $2\lambda/2$ and $\lambda/NA(1-m\lambda)\} \leq m-P \leq 10\lambda/2$, and $\lambda/NA(1+m\lambda)\}$, and which has been arranged in check grid is used It turned out that even function-aberration of a projection lens of an aligner can be evaluated simple from observation of an imprint pattern so that it might explain in full detail with a gestalt of a gestalt of the following operations. Therefore, according to an aberration evaluation method concerning this invention which used what fulfills the above-mentioned predetermined conditions as REKUCHIRU for aberration evaluation, even function-aberration of a projection lens of an aligner can be evaluated now simple.

[0025]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt (henceforth an operation gestalt) of operation of this invention is explained, referring to a drawing.

[0026] Drawing 1 is the plan showing REKUCHIRU for aberration evaluation used for aberration evaluation of the projection lens of the projection optics of the aligner concerning 1 operation gestalt of this invention. Moreover, drawing 2 is the plan showing the diffraction pattern on the resist at the time of irradiating the illumination light of the illumination-light study system of an aligner through REKUCHIRU for aberration evaluation of drawing 1 at a resist.

[0027] as [exist / although the diffracted light in the usual periodic pattern is distributed at equal intervals / since the diffracted light by REKUCHIRU for aberration evaluation shown in drawing 1 , i.e., the two-dimensional period pattern arranged in check grid, becomes the conditions mutually negated by the specific order of diffraction (m, n) / only in the specific order of diffraction as shown in drawing 2 / the diffracted light] -- two-dimensional -- it is distributed.

[0028] For this reason, an imprint pattern can be formed only by the five diffracted lights by choosing the period (P) of a check grid pattern appropriately to the numerical aperture (NA) of a projection lens. The conditions for forming an imprint pattern only by these five diffracted lights are ranges expressed with a formula (1).

[0029]

$2\lambda/2$ and $\lambda/NA(1-m\lambda)\} \leq m-P \leq 10\lambda/2$, and $\lambda/NA(1+m\lambda)\}$

-- (1)

Here, in the numerical aperture of a projection lens, and $m\lambda$, the magnitude of the coherence factor of an illumination-light study system and m express the contraction scale factor of

REKUCHIRU for aberration evaluation, and P expresses [the wavelength whose λ is the illumination light, and NA] the period of REKUCHIRU for aberration evaluation. $m \cdot P$ shows the period of the check grid pattern imprinted on the resist, and only calls periodic $m \cdot P$ a period P hereafter.

[0030] The relation between a period P and magnitude m of a coherence factor is shown in drawing 3. The slash section in drawing is the field which fulfills the conditions shown in a formula (1).

[0031] Moreover, the situation of the pattern imprint when fulfilling the conditions of a formula (1) to drawing 4 is shown typically. Among drawing, in the coherence factor of an illumination-light study system, and 2, REKUCHIRU for aberration evaluation and 3 show the outgoing radiation pupil of a projection lens, and 4 shows [one] the imprint pattern, respectively.

[0032] The first greater than signs of a formula (1) are conditions for a part of four diffracted lights except the diffracted light passing through a lens center not to exist in the outside of lens numerical aperture, and the 2nd greater than sign is conditions for any diffracted lights other than the five diffracted lights not to exist inside lens numerical aperture.

[0033] For example, in $NA=0.6$ and a $\lambda=0.248$ -micrometer aligner, when m is set as 0.3, the check grid pattern whose $P/2$ is 0.45 micrometers fulfills the conditions of a formula (1) and m is further set as 0.15, it turns out that the check grid pattern whose $P/2$ is 0.35 micrometers, 0.45 micrometers, and 0.55 micrometers fulfills the conditions of a formula (1).

[0034] Since only the five diffracted lights have contributed, it is considered by the image formation on the resist of the check grid pattern shown on condition that a formula (1) to make a pattern distorted or only for the wave aberration in five fields on the exit pupil 3 which the five diffracted lights pass to generate a location gap on the occasion of image formation.

[0035] If especially the amount of wave aberration in the field along which it passes by each diffracted light considers that it can represent with the amount of wave aberration in a center position, it is important for it about aberration evaluation to investigate the deformation condition of the relative relation and the imprint pattern at the time of the amount of wave aberration in these five points.

[0036] It is convenient measurement if you use for general aberration measurement the aberration expression which used the Zernike polynomials. The Zernike polynomials are a normal orthogonal polynomial and each item is equivalent to each aberration, respectively. Moreover, like the aberration in a common lens, when various aberration is included intricately, there is an advantage which can be expressed by the linear combination of each term.

[0037] It is expressed with an amount (ρ , θ). the Zernike polynomials -- each aberration -- sitting in a circle on an exit pupil -- The aberration expressed with the function of isotropic aberration (sequence of defocusing + spherical aberration), and θ for every degree of θ (sequence of tilt + comatic aberration), The sequence of the aberration (sequence of astigmatism) as which the function of 2θ is expressed, and the aberration expressed with the function of 3θ , sequence of the aberration expressed with the function of 4θ -- It can divide into each sequence.

[0038] Especially the term corresponding to defocusing is expressed on the secondary curved surface about parabolic R , and the term corresponding to the tilt showing the parallel displacement of a pattern is expressed in the inclined plane.

[0039] Here, if the relative relation of the amount of wave aberration in the point which the five diffracted lights mentioned above pass is investigated, when spherical aberration exists, for example, this wave aberration of five points exists also on the parabolic side of arbitration. That is, the pattern deformation and distinction at the time of defocusing cannot perform pattern deformation by spherical aberration.

[0040] Moreover, when comatic aberration exists, this wave aberration of five points exists also on the inclined plane of arbitration. Therefore, it is only carrying out a parallel displacement like a tilt, and comatic aberration is not made to transform a pattern.

[0041] Thus, when all aberration was examined, it has checked that all aberration other than the sequence of astigmatism influenced only in an operation equivalent to defocusing or any of a tilt.

namely, ***** -- the aberration which brings about pattern deformation [like] is only the sequence of astigmatism.

[0042] It can be said that the check grid pattern which the aberration made to transform a pattern is astigmatic **, therefore fulfills the conditions of a formula (1) is suitable as REKUCHIRU for aberration evaluation of astigmatism when the check grid pattern which fulfills the conditions of a formula (1) is imprinted from the above examination.

[0043] If a check grid pattern is imprinted using a positive resist, the hole pattern 5 as shown in drawing 5 will be formed. When astigmatism exists in a projection lens, deformation of a pattern as shown in drawing 6 to the amount of defocusing generates this hole pattern 5.

[0044] Therefore, in the pattern exposed on the conditions which changed the focal location, if the size of the hole pattern in the direction of **45 degree is measured and a difference is checked to the direction where a pattern is located in a line in the direction of +45 degree, and the direction of -45 degree, it can check that there is astigmatism in this projection lens.

[0045] As shown in drawing 7, there are two kinds of astigmatism (astigmatism (0 degree / 90 degrees), +45 degrees / -45 degrees) of astigmatism expressed by the Zernike polynomials.

[0046] It turns out that deformation takes place only to astigmatism (0 degree / 90 degrees) among astigmatism in the case of the check grid pattern [like] 6 which inclined 45 degrees as shown in drawing 8 (a), and it is not influenced by the astigmatism which is +45 degrees / -45 degrees. On the other hand, in the case of the check grid pattern 7 as shown in drawing 8 (b), pattern deformation takes place only to astigmatism (+45 degrees / -45 degrees) on the contrary.

[0047] Therefore, it is possible to measure independently astigmatism (astigmatism (0 degree / 90 degrees), +45 degrees / -45 degrees), respectively by preparing two kinds of check grid patterns 6 and 7 shown in drawing 8.

[0048] then -- actually -- computer count -- pattern deformation was expected. Oblateness epsilon was defined for the magnitude of deformation as follows at that time.

[0049]

$$\text{epsilon} = (L+45 - L-45) / (L+45 + L-45) \quad \text{-- (2)}$$

Here, it is L+45 and L-45. As shown in drawing 9, it is the size of the diagonal line of an imprint pattern.

[0050] The defocusing dependency of the reduction of area which it is as a result of count is shown in drawing 10. Z6 The magnitude of astigmatism (+45 degrees / -45 degrees) is expressed. Thus, oblateness epsilon shows a linear change to defocusing, and oblateness epsilon becomes zero in a best focus. Moreover, even if it is the same amount of aberration, when light exposure is different, slopes of a line differ.

[0051] This slope of a line not only changes with light exposure, but changes with the periods of a check grid pattern in the condition that the four diffracted lights other than the diffracted light passing through a lens center overflowed into the outside of an exit pupil 3.

[0052] However, when all of the five diffracted lights depended inside an exit pupil 3, when it standardized with the value shown by the formula (3), as oblateness epsilon was shown in drawing 11, it turned out that it does not depend on light exposure but a slope of a line becomes fixed.

[0053]

$$\{(L+45 + L-45) / P2\}^2 \quad \text{-- (3)}$$

In addition, epsilon' in drawing 11 is the oblateness after standardization.

[0054] Thus, two or more conditions of defocusing can be changed, the check grid which fulfills the conditions shown in a formula (1) can be exposed, and the amount of astigmatism can be calculated from the rate of change to defocusing of oblateness by measuring the oblateness at this time.

[0055] By the conventional method of measuring a best focus location, a pattern must change a focal location gradually by the micro step from the focal location of the maximum which carries out separation resolving, and the focal location of a minimum, and must be exposed to continuation.

[0056] At this time, to a big pattern, since focal tolerance is large, by the conventional method, the number which sets up the variation of a focus more greatly or is exposed must be increased.

However, since measuring power worsened in this case or the error of substrate display flatness or the focal location by image surface curvature became large, highly precise measurement was impossible.

[0057] On the other hand, the evaluation method of the astigmatism by the oblateness of this operation gestalt can estimate astigmatism as a slope of a line from the measurement result (measurement result of oblateness) of the pattern which the fraction exposed.

[0058] That is, as shown in drawing 12, straight lines other than a zero which cross a horizontal axis by the way are obtained, it asks for this intersection from a slope of a line, and difference ΔL of this intersection and zero for which it asked usually becomes the amount of astigmatism from the measurement result of oblateness. Moreover, a best focus location can be obtained as a focal location in case ellipticity becomes zero.

[0059] Since the sensitivity of oblateness to astigmatism is high, the amount of astigmatism and best focus location which were obtained in this way serve as a value with a high precision, even when a large pattern is used. Moreover, since this evaluation method calculates the amount of astigmatism from difference ΔL of an intersection and a zero, it has the advantage which can also disregard a focal error.

[0060] On the other hand, in evaluating spherical aberration, it prepares first two kinds of check grid patterns which fulfill the conditions of a formula (1) and with which periods differ mutually as REKUCHIRU for aberration evaluation. Next, about each of these check grid patterns, oblateness is measured in at least two different focal locations, and it asks for the straight line which shows the focal location dependency of ellipticity. And as shown in drawing 13, the amount of spherical aberration is calculated from difference $\Delta L'$ of an intersection with the horizontal axis (focal location) of two straight lines on which the focal location dependency of such two oblateness is shown.

[0061] In addition, this invention is not limited to the above-mentioned operation gestalt. For example, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where the check grid pattern formed by the square pattern is used as REKUCHIRU for aberration evaluation, this invention is effective even when the check pattern which consisted of rectangles, the check grid pattern which consisted of squares for which the angle as shown in drawing 14 was round, or the check grid pattern which consisted of circles shown in drawing 15 is used. The pattern of both a negative and a positive is shown in drawing 14 and drawing 15. In addition, in the range which does not deviate from the summary of this invention, it deforms variously and can carry out.

[0062]

[Effect of the Invention] As explained in full detail above, according to this invention, the even function-aberration of the projection lens of an aligner can be evaluated now simple by using what has the two-dimensional period pattern arranged like a predetermined condition ***** check grid as REKUCHIRU for aberration evaluation.

[Translation done.]

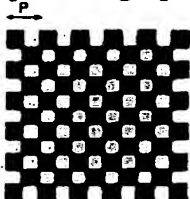
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

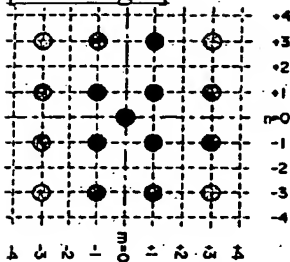
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

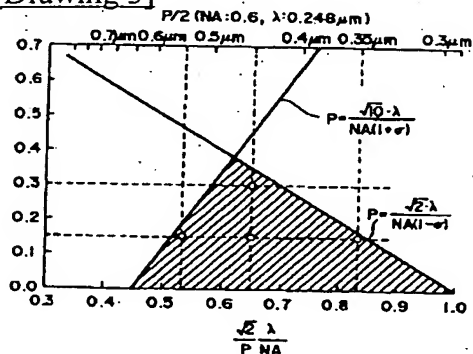
[Drawing 1]



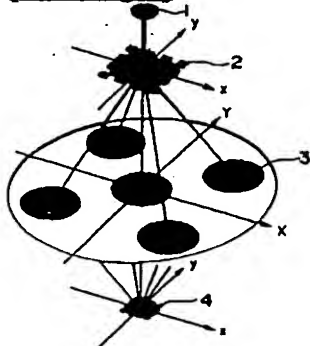
[Drawing 2]



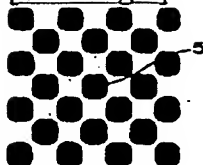
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]

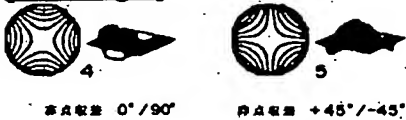


[Drawing 6]

デフォーカス



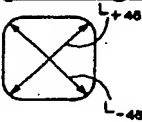
[Drawing 7]



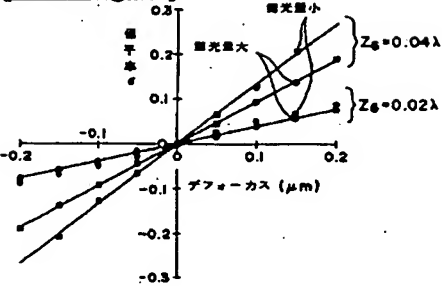
[Drawing 8]



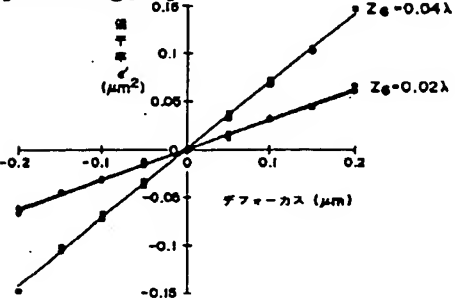
[Drawing 9]



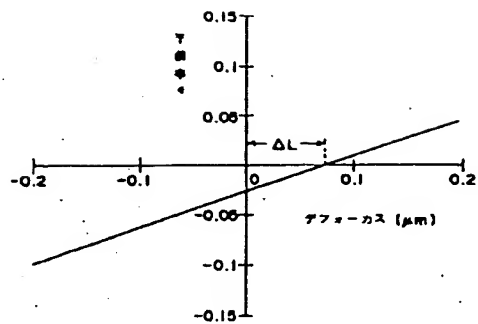
[Drawing 10]



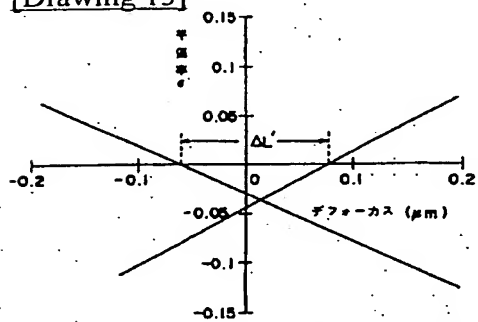
[Drawing 11]



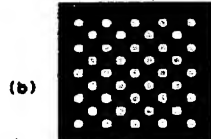
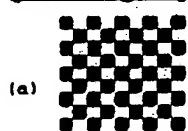
[Drawing 12]



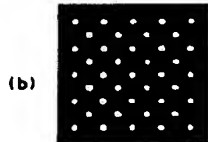
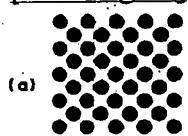
[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Drawing 15]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-266640

(P2000-266640A)

(43) 公開日 平成12年9月29日 (2000. 9. 29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 1 M 11/02		G 0 1 M 11/02	B 2 G 0 8 6
	11/00		L 2 H 0 9 5
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	A 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 F
			5 1 6 A
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-68077

(22) 出願日 平成11年3月15日 (1999. 3. 15)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 野村 博

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 佐藤 和也

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

最終頁に続く

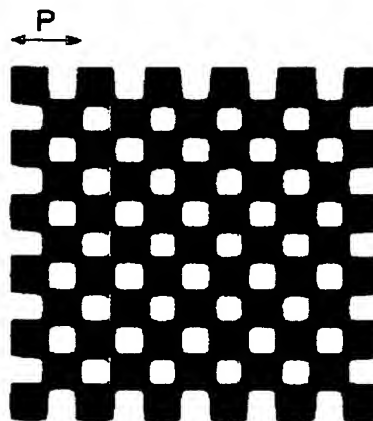
(54) 【発明の名称】 収差評価方法

(57) 【要約】

露光装置の投影レンズの非点収差、球面収差を簡便に評価すること。

【課題】

【解決手段】 収差評価用レクチルとして、照明光の波長を λ 、投影レンズの開口数をNA、照明光学系のコヒーレンスファクターの大きさを σ 、収差評価用レクチルの周期をP、収差評価用レクチルの縮小倍率をmとした場合に、 $2^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1-\sigma)\} \leq m \cdot P \leq 10^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1+\sigma)\}$ の条件を満たす、市松格子的に配置された2次元周期パターンを有するものを使用する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】レジスト上に配置された収差評価用レクチルに照明光学系を介して照明光を照射し、前記収差評価用レクチルに対応して投影光学系により前記レジストに転写された転写パターンを評価することによって、前記投影光学系の投影レンズの収差を評価する収差評価方法であって、

前記照明光の波長を λ 、前記投影レンズの開口数を N 、前記照明光学系のコヒーレンスファクターの大きさを σ 、前記収差評価用レクチルの周期を P 、前記収差評価用レクチルの縮小倍率を m とした場合に、

前記収差評価用レクチルとして、 $2^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1-\sigma)\} \leq m \cdot P \leq 10^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1+\sigma)\}$ の条件を満たす市松格子的に配置された2次元周期パターンを有するものを使用することを特徴とする収差評価方法。

【請求項2】レジスト上に配置された収差評価用レクチルに照明光学系を介して照明光を照射し、前記収差評価用レクチルに対応して投影光学系により前記レジストに転写された転写パターンを評価することによって、前記投影光学系の投影レンズの収差を評価する収差評価方法であって、

前記照明光の波長を λ 、前記投影レンズの開口数を N 、前記照明光学系のコヒーレンスファクターの大きさを σ 、前記収差評価用レクチルの周期を P 、前記収差評価用レクチルの縮小倍率を m とした場合に、

前記収差評価用レクチルとして、 $2^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1-\sigma)\} \leq m \cdot P \leq 10^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1+\sigma)\}$ の条件を満たす市松格子的に配置された2次元周期パターンを有するものを使用し、

かつ前記転写パターンの互いに直交する2個所の寸法を求めることにより、前記投影レンズによる非点収差の有無を評価することを特徴とする収差評価方法。

【請求項3】レジスト上に配置された収差評価用レクチルに照明光学系を介して照明光を照射し、前記収差評価用レクチルに対応して投影光学系により前記レジストに転写された転写パターンを評価することによって、前記投影光学系の投影レンズの収差を評価する収差評価方法であって、

前記照明光の波長を λ 、前記投影レンズの開口数を N 、前記照明光学系のコヒーレンスファクターの大きさを σ 、前記収差評価用レクチルの周期を P 、前記収差評価用レクチルの縮小倍率を m とした場合に、

前記収差評価用レクチルとして、 $2^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1-\sigma)\} \leq m \cdot P \leq 10^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1+\sigma)\}$ の条件を満たす市松格子的に配置された2次元周期パターンを有するものを使用し、

かつ互いに異なる複数のフォーカス位置と、これらのフォーカス位置における転写パターンの偏平率との関係から、前記投影レンズによる非点収差を定量的に評価する

ことを特徴とする収差評価方法。

【請求項4】前記フォーカス位置と前記フォーカス位置における偏平率とから求まる直線の傾きから、前記投影レンズによる非点収差を定量的に評価することを特徴とする請求項3に記載の収差評価方法。

【請求項5】レジスト上に配置された第1および第2の収差評価用レクチルに照明光学系を介して照明光を照射し、これらの収差評価用レクチルに対応して投影光学系により前記レジストに転写された転写パターンを評価することによって、前記投影光学系の投影レンズの収差を評価する収差評価方法であって、

前記照明光の波長を λ 、前記投影レンズの開口数を N 、前記照明光学系のコヒーレンスファクターの大きさを σ 、前記第1の収差評価用レクチルの周期を P_1 、前記第2の収差評価用レクチルの周期を P_2 、前記第1の収差評価用レクチルの縮小倍率を m_1 、前記第2の収差評価用レクチルの縮小倍率を m_2 とした場合に、

前記第1の収差評価用レクチルとして、 $2^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1-\sigma)\} \leq m_1 \cdot P_1 \leq 10^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1+\sigma)\}$ の条件を満たす市松格子的に配置された2次元周期パターンを有するものを使用し、

前記第2の収差評価用レクチルとして、 $2^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1-\sigma)\} \leq m_2 \cdot P_2 \leq 10^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1+\sigma)\}$ の条件を満たす市松格子的に配置された2次元周期パターンを有するものを使用し、

かつ互いに異なる複数のフォーカス位置と、これらのフォーカス位置における転写パターンの偏平率との関係から、前記投影レンズによる球面収差を定量的に評価することを特徴とする収差評価方法。

【請求項6】フォーカス位置を縦軸、偏平率を横軸とした場合に、前記フォーカス位置と前記フォーカス位置における転写パターンのうち前記第1の収差評価用レクチルに対応したものの偏平率とから求まる直線の前記横軸との交点と、前記フォーカス位置と前記フォーカス位置における転写パターンのうち前記第2の収差評価用レクチルに対応したものの偏平率とから求まる直線の前記横軸との交点の差から、前記投影レンズによる球面収差を定量的に評価することを特徴とする請求項5に記載の収差評価方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置の投影レンズの収差評価方法に係わり、特に露光装置から投影レンズの取出しが困難な、半導体装置の製造に用いられる露光装置の投影レンズの収差評価方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の高集積化に伴って、露光装置に搭載された投影レンズの収差によって、転写パターンの位置が歪む、露光領域内でフォーカスが変化する、パターンの向きによってフォーカス差を生じる、パター

ンの形状が歪むなどの問題が半導体装置を製造して行く上で徐々に顕在化してきている。

【0003】このため、将来の半導体装置の開発に向けた露光装置の高性能化やリソグラフィプロセス余裕度の予測には、投影レンズの収差を高精度に評価する技術を開発することが不可欠である。

【0004】一般に、レンズの収差測定には、干渉計を用いた方法が利用されている。これは、レンズ本体を干渉計の内部に組み込み、得られた干渉縞の歪みから収差量を測定するものである。

【0005】しかし、これはレンズ単体を取り外れることを前提としている評価方法であって、レンズを露光装置本体から取り外すのが困難な場合は実施することができない。

【0006】したがって、半導体装置を作製するために用いられる露光装置の投影レンズに関しては、転写する状態での収差を測定する必要がある。このような場合は、転写パターンから収差量を評価しなければならない。

【0007】現在、露光装置の投影レンズ収差を測定する方法として、様々な方法が提案され、実際の評価に用いられている。代表的な収差としては球面収差、非点収差、コマ収差、像面彎曲収差、歪曲収差が挙げられる。

【0008】コマ収差の評価方法としては、出願特許1〔特願平9-305917〕が有効である。この評価方法は、大きなパターンと微細な周期パターンとの間でコマ収差のために生じる転写後の相対的な位置ずれ量を測定し、この位置ずれ量をコマ収差量の目安にしようというものである。

【0009】また、非点収差や像面彎曲収差に対しては、文献1〔SPIE Vol. 1463 (1991), p. 282〕に示される評価方法が有効である。この評価方法では、非点収差がパターンの方向の違いによってベストフォーカス位置がずれる現象であることから、0度方向、45度方向、90度方向、135度方向の4方向に並んだパターンを徐々にフォーカスをずらした露光パターンの観察から、直交する2方向でのフォーカス差の最大値と非点収差の方向を測定する。また、4方向でのフォーカス中心を露光領域全面で測定することで、像面彎曲の測定にも適用されている。

【0010】一方、これらの収差評価結果をコンピューター計算等によるリソグラフィプロセスウインドウの予想に用いようとすると、収差評価結果を何からの収差表現法に基づいた定義における数値表現と関連付けて表わす必要がある。

【0011】この問題点に着目した収差の評価方法として、本願発明者らは出願特許2〔特願平10-37473〕を提案した。これは、露光時の照明コヒーレンスと周期パターンの1周期の長さを選び、上述の収差評価方法等を実施することで、レンズの特定の場所の波面収差

と収差評価結果を簡単に関連付けることが可能になり、ゼルニケ級数展開で表現された収差量（コマ収差、球面収差および非点収差の合計収差量）の定量的な測定を実現している。

【0012】出願特許2に示される収差の評価方法を用いると、コマ収差に代表される奇関数的収差は、フォーカス位置に依存せずにパターンの横ずれ量として測定され、測定感度もパターンの大きさに影響されないという利点がある。

【0013】しかしながら、非点収差や球面収差に代表される偶関数的収差はフォーカス位置を正確に測定しなければならないため、以下のような理由により、偶関数的収差の測定には難点が存在している。

【0014】フォーカス位置を徐々に変えながらマイクロステップで連続露光し、暗視野の光学顕微鏡によりベストフォーカス位置を測定する場合には、フォーカスの分解能を増やすほど露光領域が広がる。しかし、露光領域が広がるほど像面彎曲やウエハ平坦性によるフォーカス位置の誤差が大きくなる。

【0015】また、露光回数を減らして測長SEMによる線幅測定からベストフォーカス位置を測定する場合には、2次関数にフィッティングするため、測定精度を高めるためには測定点数を増やす必要があり、測定時間が長くなる。

【0016】一方、今日の露光装置の投影レンズの設計では、高次の収差を意識的に与えるという手段によって、低次の収差の補正が行われている。したがって、今日の露光装置の投影レンズの収差評価においては、高次の収差まで正確に測定しなければ充分であるとは言えなくなってきた。

【0017】低次の収差を評価するには、投影レンズの周辺部分の波面収差を測定しなければならない。このためには、微細なパターンほど回折光は投影レンズの周辺部を通過して結像されるため、微細なパターンを用いた測定で充分である。ここで、微細なパターンに対するフォーカス裕度は狭いため、パターンの解像性からベストフォーカス位置を測定する場合、高精度な測定が可能である。

【0018】一方、高次の収差を評価するには、投影レンズの内部の波面収差を測定しなければならない。これには、ある程度大きなパターンを用いて収差を測定する必要がある。

【0019】しかしながら、パターンのサイズが大きくなるに従って、フォーカス裕度は急激に広がるため、大きなパターンを用いたベストフォーカス位置の測定は極めて不正確になりがちである。これは、フォーカス位置を正確に測定しなければならない非点収差や球面収差等の偶関数的収差の評価を困難なものとする。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】上述の如く、今日の露

光装置の投影レンズの収差評価においては、高次の収差まで正確に測定する必要があったが、非点収差や球面収差等の偶関数的収差の評価には、フォーカス裕度が広いパターンである大きなパターンを用いる必要があったので、偶関数的収差に関しては高精度の評価が困難であるという問題があった。

【0021】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、露光装置の投影レンズの偶関数的収差を簡便に評価することのできる収差評価方法を提供することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】〔構成〕本発明の骨子は、収差評価用レクチルとして、所定の条件を満たす市松格子的に配置された2次元周期パターンを有するものを使用することにある。

【0023】すなわち、上記目的を達成するために、本発明（請求項1）に係る収差評価方法は、レジスト上に配置された収差評価用レクチルに照明光学系を介して照明光を照射し、前記収差評価用レクチルに対応して投影光学系により前記レジストに転写された転写パターンを評価することによって、前記投影光学系の投影レンズの収差を評価する収差評価方法であって、前記照明光の波長を λ 、前記投影レンズの開口数をNA、前記照明光学系のコヒーレンスファクターの大きさを σ 、前記収差評価用レクチルの周期をP、前記収差評価用レクチルの縮小倍率をmとした場合に、前記収差評価用レクチルとして、 $2^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1-\sigma)\} \leq m \cdot P \leq 10^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1+\sigma)\}$ の条件を満たす市松格子的に配置された2次元周期パターンを有するものを使用することを特徴とする。

【0024】〔作用〕本発明者らの研究によれば、収差評価用レクチルとして、所定の条件、すなわち照明光の波長を λ 、投影レンズの開口数をNA、照明光学系のコヒーレンスファクターの大きさを σ 、収差評価用レクチル

$$2^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1-\sigma)\} \leq m \cdot P \leq 10^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1+\sigma)\} \quad \dots (1)$$

ここで、 λ は照明光の波長、NAは投影レンズの開口数、 σ は照明光学系のコヒーレンスファクターの大きさ、mは収差評価用レクチルの縮小倍率、Pは収差評価用レクチルの周期を表わしている。m・Pはレジスト上に転写された市松格子パターンの周期を示しており、以下、周期m・Pを単に周期Pという。

【0030】図3に、周期Pとコヒーレンスファクターの大きさ σ との関係を示す。図中の斜線部が式(1)に示される条件を満たす領域である。

【0031】また、図4に、式(1)の条件を満たすときのパターン転写の様子を模式的に示す。図中、1は照明光学系のコヒーレンスファクター、2は収差評価用レクチル、3は投影レンズの出射瞳、4は転写パターンをそれぞれ示している。

ルの周期をP、収差評価用レクチルの縮小倍率をmとした場合に、 $2^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1-\sigma)\} \leq m \cdot P \leq 10^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1+\sigma)\}$ の条件を満たす、市松格子的に配置された2次元周期パターンを有するものを使用すれば、以下の実施の形態の形態で詳説するように、露光装置の投影レンズの偶関数的収差を転写パターンの観察から簡便に評価できることが分かった。したがって、収差評価用レクチルとして上記所定の条件を満たすものを使用した本発明に係る収差評価方法によれば、露光装置の投影レンズの偶関数的収差を簡便に評価できるようになる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態（以下、実施形態という）を説明する。

【0026】図1は、本発明の一実施形態に係る露光装置の投影光学系の投影レンズの収差評価に用いる収差評価用レクチルを示す平面図である。また、図2は、露光装置の照明光学系の照明光を図1の収差評価用レクチルを介してレジストに照射した場合のレジスト上の回折パターンを示す平面図である。

【0027】通常の周期パターンにおける回折光は等間隔に分布するが、図1に示す収差評価用レクチル、すなわち市松格子的に配置された2次元周期パターンによる回折光は、特定の回折次数（m、n）で打ち消し合う条件になるために、図2に示すような特定の回折次数のみ回折光が存在するような2次元的な分布する。

【0028】このため、投影レンズの開口数（NA）に対して、市松格子パターンの周期（P）を適切に選ぶことによって、5つの回折光のみで転写パターンを形成することができる。この5つの回折光のみで転写パターンを形成するための条件は、式(1)で表わされる範囲である。

【0029】

【0032】式(1)のはじめの不等号は、レンズ中心を通る回折光以外の4つの回折光の一部がレンズ開口数の外側には存在しないための条件であり、2つめの不等号は、5つの回折光以外の回折光がレンズ開口数の内側には存在しないための条件である。

【0033】例えば、NA=0.6、 $\lambda=0.248\mu\text{m}$ の露光装置において、 σ を0.3に設定した時は、 $P/2$ が $0.45\mu\text{m}$ の市松格子パターンは式(1)の条件を満たし、さらに σ を0.15に設定すると、 $P/2$ が $0.35\mu\text{m}$ 、 $0.45\mu\text{m}$ 、 $0.55\mu\text{m}$ の市松格子パターンが式(1)の条件を満たすことが解る。

【0034】式(1)の条件で示される市松格子パターンのレジスト上での結像には、5つの回折光のみが寄与しているため、5つの回折光が通過する射出瞳3上での

5ヶ所の領域における波面収差のみが結像に際してパターンを歪ませたり、位置ずれを発生させると考えられる。

【0035】特に、各回折光で通る領域内での波面収差量は中心位置での波面収差量で代表できると見なすと、この5点での波面収差量の相対的な関係と、そのときの転写パターンの変形状態を調べることが、収差評価に関して重要である。

【0036】一般的な収差測定には、ゼルニケ多項式を用いた収差表現を利用すると便利である。ゼルニケ多項式は正規直交多項式であり、各項がそれぞれ各収差に対応している。また、一般的なレンズにおける収差のように、様々な収差が複雑に含まれている場合は各項の線形和で表現できる利点がある。

【0037】ゼルニケ多項式では、各収差は射出瞳上での円座量(ρ , θ)で表わされ、 θ の次数ごとに、等方的収差(デフォーカス+球面収差の系列)、 θ の関数で表わされる収差(チルト+コマ収差の系列)、 2θ の関数が表わされる収差(非点収差の系列)、 3θ の関数で表わされる収差の系列、 4θ の関数で表わされる収差の系列…の各系列に分けることができる。

【0038】特に、デフォーカスに対応する項はパラボリックなRに関する2次曲面で表現され、パターンの平行移動を表わすチルトに対応する項は傾斜面で表現されている。

【0039】ここで、前述した5つの回折光が通過する点での波面収差量の相対的な関係を調べると、例えば球面収差が存在する場合、この5点の波面収差は任意のパラボリック面上にも存在する。すなわち、球面収差によるパターン変形はデフォーカス時のパターン変形と区別ができない。

【0040】また、コマ収差が存在する場合、この5点の波面収差は任意の傾斜面上にも存在する。したがって、コマ収差はチルトと同様に平行移動させるのみで、パターンを変形させない。

【0041】このようにして、すべての収差について検討すると、非点収差の系列以外の収差は全て、デフォー

$$\varepsilon = (L_{+45} - L_{-45}) / (L_{+45} + L_{-45}) \quad \dots (2)$$

ここで、 L_{+45} 、 L_{-45} は、図9に示すように転写パターンの対角線の寸法である。

【0050】図10に、計算結果である変形率のデフォーカス依存性を示す。 Z_0 は $+45^\circ/-45^\circ$ の非点収差の大きさを表わしている。このように、偏平率 ε はデフォーカスに対して、直線的な変化を示し、ベストフォーカスで偏平率 ε は零になる。また、同じ収差量であっても、露光量が違う場合、直線の傾きが異なる。

【0051】この直線の傾きは露光量によって変化する

$$\{ (L_{+45} + L_{-45}) / P^2 \}^2$$

なお、図11中の ε' は規格化後の偏平率である。

【0054】このように、式(1)に示される条件を満

カスカチルトの何れかと同等の作用でしか、影響しないことが確認できた。すなわち、拉げるようなパターン変形をもたらす収差は非点収差の系列のみである。

【0042】以上の検討より、式(1)の条件を満たす市松格子パターンを転写した場合、パターンを変形させる収差は非点収差のみであり、したがって式(1)の条件を満たす市松格子パターンは、非点収差の収差評価用レクチルとして適したものであるといえる。

【0043】ポジ型レジストを用いて市松格子パターンを転写すると、図5に示すようなホールパターン5が形成される。投影レンズに非点収差が存在する場合、このホールパターン5はデフォーカス量に対して図6に示すようなパターンの変形が発生する。

【0044】したがって、フォーカス位置を変えた条件で露光したパターンにおいて、パターンの並ぶ方向に対して、 $\pm 45^\circ$ 方向でのホールパターンのサイズを測定し、 $+45^\circ$ 方向と、 -45° 方向で差が確認されれば、この投影レンズには非点収差があることを確認することができる。

【0045】ゼルニケ多項式で表現される非点収差には、図7に示すように $0^\circ/90^\circ$ の非点収差と $+45^\circ/-45^\circ$ の非点収差の2種類がある。

【0046】図8(a)に示すような 45° 傾いた市松格子パターン6の場合には、非点収差の内、 $0^\circ/90^\circ$ の非点収差に対してのみ変形が起り、 $+45^\circ/-45^\circ$ の非点収差には影響されないことが分かっている。一方、図8(b)に示すような市松格子パターン7の場合には、反対に $+45^\circ/-45^\circ$ の非点収差に対してのみパターン変形が起る。

【0047】したがって、図8に示す2種類の市松格子パターン6、7を用意することで、 $0^\circ/90^\circ$ の非点収差と $+45^\circ/-45^\circ$ の非点収差を、それぞれ独立に測定することが可能である。

【0048】そこで、実際にコンピューター計算によってパターン変形を予想した。その際、変形の大きさを偏平率 ε を以下のように定義した。

【0049】

だけでなく、レンズ中心を通る回折光以外の4つの回折光が射出瞳3の外側にはみ出した状態においては、市松格子パターンの周期によっても変化する。

【0052】しかし、5つの回折光が全て射出瞳3の内側に依存する場合は、偏平率 ε を式(3)で示される値で規格化を行なうと、図11に示すように、露光量に依らず直線の傾きが一定になることが解った。

【0053】

$$\dots (3)$$

たす市松格子を、デフォーカスを2条件以上変えて露光し、このときの偏平率を測定することで、偏平率のデフ

フォーカスに対する変化率から、非点収差量を求めることができる。

【0055】パターンが分離解像する上限のフォーカス位置と下限のフォーカス位置からベストフォーカス位置を測定する従来の方法では、マイクロステップで徐々にフォーカス位置を変えて連続に露光しなければならない。

【0056】このとき、大きなパターンに対してはフォーカス裕度が広い場合、従来の方法ではフォーカスの変化量を大きめに設定するか、または露光する数を増やさなければならない。しかし、この場合、測定分解能が悪くなるか、または基板平坦度や像面彎曲によるフォーカス位置の誤差が大きくなるため、高精度な測定は不可能であった。

【0057】一方、本実施形態の偏平率による非点収差の評価方法では、少数の露光したパターンに対する測定結果（偏平率の測定結果）から、直線の傾きとして非点収差を評価できる。

【0058】すなわち、偏平率の測定結果からは、通常、図12に示すように、原点以外のところで横軸と交わる直線が得られ、この交点を直線の傾きから求め、この求めた交点と原点との差 ΔL が非点収差量となる。また、ベストフォーカス位置は、偏平率が零になるときのフォーカス位置として得ることができる。

【0059】偏平率は非点収差に対する感度が高いため、こうして得られた非点収差量とベストフォーカス位置は、大パターンを用いた場合でも、精度の高い値となる。また、この評価方法は、交点と原点との差 ΔL から非点収差量を求めるので、フォーカス誤差も無視できる利点がある。

【0060】一方、球面収差を評価する場合には、まず収差評価用レクチルとして、式(1)の条件を満たす互いに周期の異なる2種類の市松格子パターンを用意する。次にこれらの市松格子パターンのそれぞれについて、少なくとも2つの異なるフォーカス位置にて偏平率を測定し、偏平率のフォーカス位置依存性を示す直線を求める。そして、図13に示すように、これらの2つの偏平率のフォーカス位置依存性を示す2つの直線の横軸（フォーカス位置）との交点の差 $\Delta L'$ から球面収差量を求める。

【0061】なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態では、収差評価用レクチルとして、正方形のパターンで形成された市松格子パターンを用いた場合について説明したが、本発明は長方形で構成された市松パターンや、図14に示すような角が丸まった正方形で構成された市松格子パターン、または図15に示す円形で構成された市松格子パターンを用いた場合でも有効である。図14、図15には、

ネガおよびポジの両方のパターンを示してある。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施できる。

【0062】

【発明の効果】以上詳説したように本発明によれば、収差評価用レクチルとして、所定の条件を満たす市松格子的に配置された2次元周期パターンを有するものを使用することにより、露光装置の投影レンズの偶関数的収差を簡便に評価できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る収差評価用レクチルを示す平面図

【図2】露光装置の照明光学系の照明光を図1の収差評価用レクチルを介してレジストに照射した場合のレジスト上の回折パターンを示す平面図

【図3】周期 P とコヒーレンスファクターの大きさ σ との関係を示す図

【図4】 $2^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1-\sigma)\} \leq P \leq 10^{1/2} \cdot \lambda / \{NA(1+\sigma)\}$ の条件を満たすときのパターン転写の様子を模式的に示す図

【図5】ポジ型レジストに転写された市松格子パターンの転写パターンを示す図

【図6】投影レンズに非点収差が存在する場合の、ポジ型レジストに転写された市松格子パターンの転写パターンを示す図

【図7】ゼルニケ多項式で表現される非点収差の種類を示す図

【図8】 $0^\circ/90^\circ$ の非点収差に対してのみおよび $+45^\circ/-45^\circ$ の非点収差に対してのみパターン変形が起こる市松格子パターンを示す図

【図9】偏平率 ϵ の定義に使用される転写パターンの互いに直交する2箇所の寸法を示す図

【図10】変形率 ϵ のデフォーカス依存性を示す図

【図11】 $\{(L_{+45} + L_{-45})/P^2\}^2$ で規格化された偏平率 ϵ' のデフォーカス依存性を示す図

【図12】偏平率の測定結果から非点収差量およびベストフォーカス位置を求める方法を説明するための図

【図13】本発明による球面収差の評価方法を説明するための図

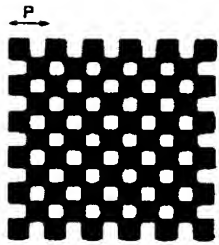
【図14】収差評価用レクチルの変形例を示す図

【図15】収差評価用レクチルの他の変形例を示す図

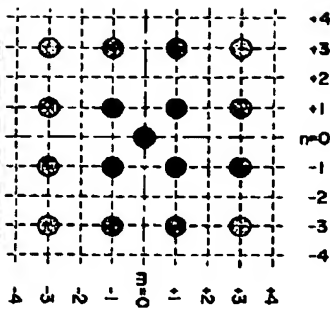
【符号の説明】

- 1…コヒーレンスファクター
- 2…収差評価用レクチル
- 3…出射瞳
- 4…転写パターン
- 5…ホールパターン
- 6、7…市松格子パターン

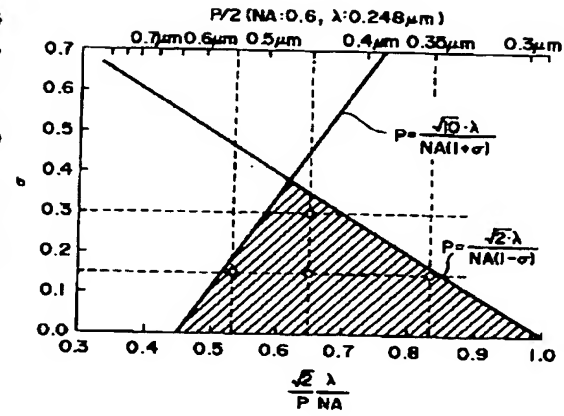
【図1】



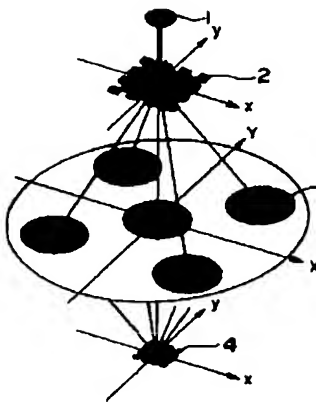
【図2】



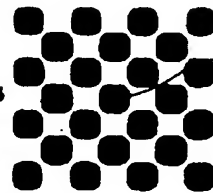
【図3】



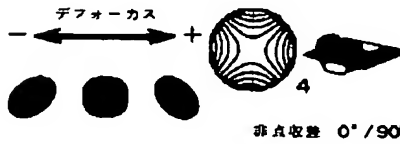
【図4】



【図5】



【図6】

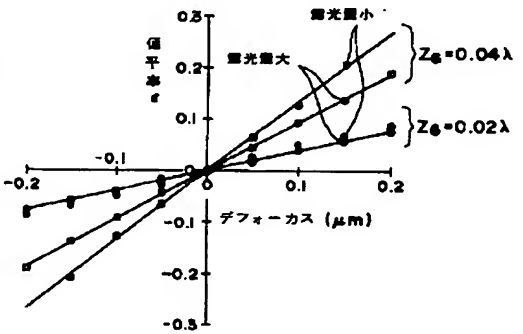
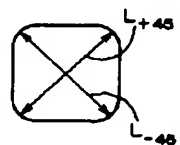


【図7】

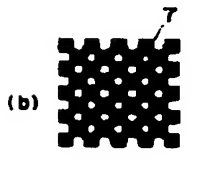
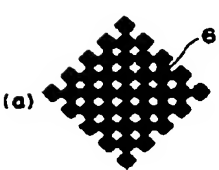


【図10】

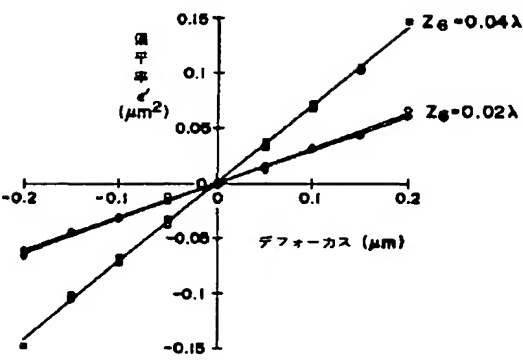
【図9】



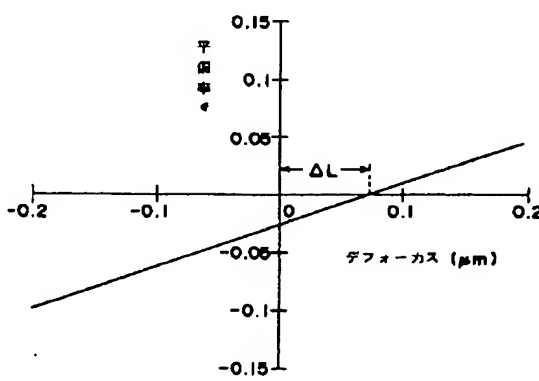
【図8】



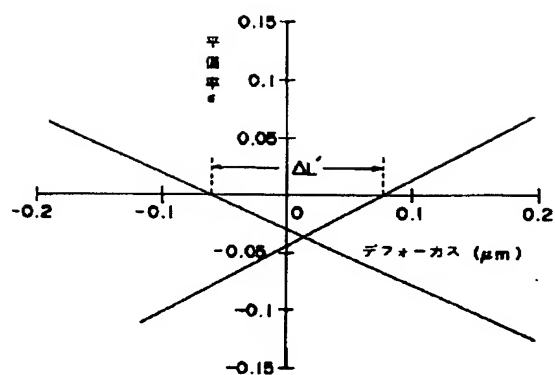
【図11】



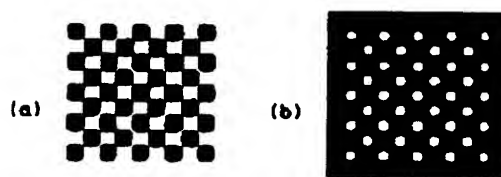
【図12】



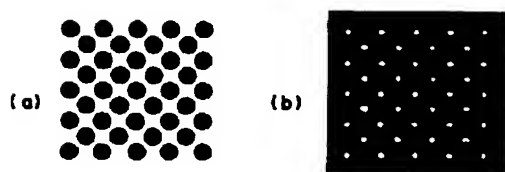
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G086 FF06 HH06
 2H095 BB02 BB31 BB36
 5F046 AA18 AA25 CB12 CB17 DA13
 DB05